

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2002-252372

(43)Date of publication of application : 06.09.2002

(51)Int.Cl.

H01L 33/00

(21)Application number : 2001-050886

(71)Applicant : NICHIA CHEM IND LTD

(22)Date of filing : 26.02.2001

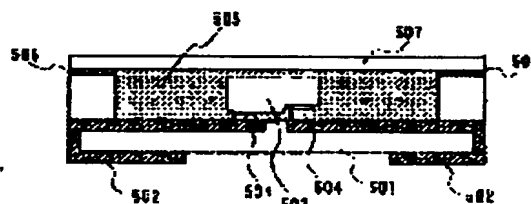
(72)Inventor : OGAWA SATORU
KITANO AKIYUKI

(54) LIGHT-EMITTING DIODE

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a highly reliable light-emitting diode wherein lowering of light emission intensity is extremely little even under a use environment of a long time in a light-emitting diode having a fluorescent material which emits light by converting a light emission wavelength from a light-emitting element.

SOLUTION: In a light-emitting diode which is composed of the light-emitting element, a base whereon the light-emitting element is mounted and a lid to be adhered to the base for sealing the light-emitting element, the lid has a light transparent glass member having a fluorescent material. As another aspect, a hollow part, which is enclosed with a recessed part of the base whereon the light-emitting element is mounted and the lid with the glass member, is charged with powder composed of the fluorescent material.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

01.10.2004

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

(11)特許出願公開番号

特開2002-252372

(P2002-252372A)

(43)公開日 平成14年9月6日(2002.9.6)

(51) Int.Cl.⁷

識別記号

FI

テーマコード* (参考)

H01L 33/00

H O 1 L 33/00

N 5 F 0 4 1

審査請求 未請求 請求項の数 8 OL (全 10 頁)

(21)出願番号 特願2001-50886(P2001-50886)

(22) 出願日 平成13年2月26日(2001. 2. 26)

(71)出願人 000226057

日亜化学工業株式会社

徳島県阿南市上中町岡491番地100

(72)発明者 小川 悟

徳島県阿南市上中町岡491番地100 日亜化

学工業株式会社内

(72)発明者 北野 晃行

徳島県阿南市上中町岡491番地100 日亜化

学工業株式会社内

Fターム(参考) 5F041 AA44 CA12 CA22 CA34 CA40

CA65 DA01 DA07 DA09 DA12

DA17 DA19 DA43 DA46 DA47

DA63 DA73 DA76 DA77 DB09

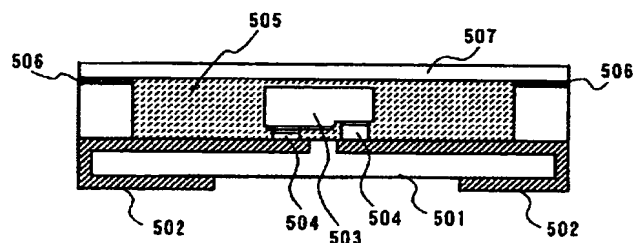
FF11

(54) 【発明の名称】 発光ダイオード

(57) 【要約】

【課題】 本発明は、発光素子からの発光波長を変換して発光させる蛍光物質を有する発光ダイオードにおいて、長時間の使用環境下においても発光強度の低下が極めて少ない、信頼性に優れた発光ダイオードを提供することを目的とする。

【解決手段】 本発明の発光ダイオードは、発光素子と、発光素子を載置する基体と、発光素子を封止するために基体に接着される蓋体とからなる発光ダイオードにおいて、前記蓋体は蛍光物質を備える透光性のガラス部材を備えてなる。更に別の態様として、発光素子が載置される基体の凹部とガラス部材を備える蓋体とに囲まれた中空部には蛍光物質からなる粉末が充填されている。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 発光素子と、発光素子を載置する基体と、発光素子を封止するために前記基体に接着される蓋体とからなる発光ダイオードにおいて、前記蓋体は透光性のガラス部材からなるか、或いは透光性のガラス部材を備えてなると共に、前記透光性ガラス部材は発光素子が発光する発光波長の少なくとも一部を吸収し波長変換して発光する蛍光物質を備えてなることを特徴とする発光ダイオード。

【請求項2】 前記蛍光物質は、前記透光性のガラス部材中に分散されている請求項1に記載の発光ダイオード。

【請求項3】 前記透光性のガラス部材の内面及び／又は外面に、蛍光物質含有層が形成されている請求項1または2に記載の発光ダイオード。

【請求項4】 凹部を備えた基体と、該凹部の底面に設けられた発光素子と、該発光素子を封止するために前記基体に接着される蓋体とからなる発光ダイオードにおいて、前記蓋体は透光性のガラス部材からなるか、或いは透光性のガラス部材を備えてなると共に、前記基体の凹部と蓋体とに囲まれた中空部には発光素子が発光する発光波長の少なくとも一部を吸収し波長変換して発光する蛍光物質からなる粉末が充填されていることを特徴とする発光ダイオード。

【請求項5】 前記粉末には、更に透光性の無機フィラーが含有されている請求項4に記載の発光ダイオード。

【請求項6】 前記発光素子が前記基体上にろう材を介して接合されると共に、発光素子の同一面上に形成された正負一対の電極は、基体に形成されたリード電極とそれぞれワイヤーボンディングされている請求項1乃至5に記載の発光ダイオード。

【請求項7】 前記発光素子の同一面側に形成された正負一対の電極が、基体に形成されたリード電極とそれぞれ、はんだ又は金属バンプを介して接続されている請求項1乃至5に記載の発光ダイオード。

【請求項8】 前記発光素子は少なくとも発光層に窒化物系化合物半導体を有する請求項1乃至7に記載の発光ダイオード。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は液晶のバックライト、照明光源、各種インジケータや交通信号灯などに利用可能な発光ダイオードに係り、特に信頼性が高く経時変化の少ない発光ダイオードに関するものである。

【0002】

【従来の技術】今日、青色光が高輝度に発光可能な半導体発光素子である窒化物半導体 ($\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{Al}_y\text{N}$, $0 \leq x \leq 1$, $0 \leq y \leq 1$) を利用したLEDチップが開発された。窒化物半導体を利用した発光素子は、他のGaAs、AlInGaP等の材料を利用

した赤から黄緑色を発光する発光素子と比較して出力が高い、温度による色シフトが少ないなどの特徴を持っているものの、現在までのところ、緑色以上の波長を有する長波長域で高出力を得られにくいという傾向がある。他方、このLEDチップ上にLEDチップから放出された青色光の少なくとも一部を吸収して、黄色が発光可能な蛍光物質であるYAG:Ce蛍光体などを配置させることによって白色系が発光可能な発光ダイオードをも本出願人が開発し、出願(国際公開番号WO98/5078号)した。

【0003】このような発光ダイオードとしては、例えば図6のように、パッケージに一体成型されたリード電極と電気的に接続させたLEDチップからの光と、LEDチップを封止する透光性樹脂中に含有されたYAG:Ceなど蛍光物質からの光の混色光を発光するSMD型発光ダイオードが挙げられる。このように、LEDチップからの光を吸収し波長変換する蛍光物質は、封止樹脂中に含有されてLEDチップ周辺に配置されている。封止樹脂としては、窒化物半導体との密着性が良く、機械的強度に優れ、また化学的にも安定しており、価格が安価である等の理由から、エポキシ系樹脂が現在最もよく用いられている。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、エポキシ系樹脂等の封止樹脂は、発光素子からの強い光や熱に弱いという性質を有する。特に短波長の発光が可能な窒化物半導体素子を用いた発光ダイオードの場合、他色に比べてエネルギーが高いために、封止樹脂が発光素子の周辺から次第に劣化・着色し、その着色部が発光素子からの光を吸収してしまう。また、駆動時には発光素子の温度が上昇し、発光素子からの熱によっても封止樹脂の劣化・着色が生じ、特に小型のLEDは、放熱性の問題から熱による影響を受けやすい。このような理由から、長時間の使用環境下では、発光素子自体は劣化していないにもかかわらず、発光ダイオードの発光強度が低下して使用不可になってしまう。そのため、高出力可能な発光ダイオードであるにもかかわらず、小さい電流しか流すことができず、特性を十分に引き出すことができないのが現状である。そこで、本発明の目的は、上記課題を解決し、長時間の使用環境下においても発光強度の低下が極めて少ない、信頼性に優れた発光ダイオードを提供することにある。

【0005】

【課題を解決するための手段】すなわち、本発明の発光ダイオードは、発光素子と、発光素子を載置する基体と、発光素子を封止するために前記基体に接着される蓋体とからなる発光ダイオードにおいて、前記蓋体は透光性のガラス部材からなるか、或いは透光性のガラス部材を備えてなると共に、前記透光性ガラス部材は発光素子が発光する発光波長の少なくとも一部を吸収し波長変換

して発光する蛍光物質を備えてなることを特徴とする。

【0006】このように構成することにより、蛍光物質を樹脂を使用せずに発光素子周辺に配置できるため、従来問題となっていた発光素子からの光や熱による樹脂劣化の問題がなくなり、信頼性の高い長波長変換型の発光ダイオードを実現することができる。

【0007】本発明の請求項2に記載の発光ダイオードは、蛍光物質が透光性のガラス部材中に分散されている発光ダイオードである。

【0008】本発明の請求項3に記載の発光ダイオードは、透光性のガラス部材の内面及び／又は外面に蛍光物質含有層が形成されている発光ダイオードである。

【0009】本発明の請求項4に記載の発光ダイオードは、凹部を備えた基体と、該凹部の底面に設けられた発光素子と、該発光素子を封止するために前記基体に接着される蓋体とからなる発光ダイオードにおいて、前記蓋体は透光性のガラス部材からなるか、或いは透光性のガラス部材を備えてなると共に、前記基体の凹部と蓋体とに囲まれた中空部には発光素子が発光する発光波長の少なくとも一部を吸収し波長変換して発光する蛍光物質からなる粉末が充填されていることを特徴とする。

【0010】このように構成することにより、蛍光物質を樹脂を使用せずに発光素子周辺に配置できるため、従来問題となっていた発光素子からの光や熱による樹脂劣化の問題がなくなり、信頼性の高い長波長変換型の発光ダイオードを実現することができる。

【0011】本発明の請求項5に記載の発光ダイオードは、粉末に、更に透光性の無機フィラーが含有されている発光ダイオードである。

【0012】本発明の請求項6に記載の発光ダイオードは、発光素子が前記基体上にろう材を介して接合されると共に、発光素子の同一面上に形成された正負一対の電極は、基体に形成されたリード電極とそれぞれワイヤーボンディングされている発光ダイオードである。このように構成することで、さらに経時変化の少ない高信頼性の発光ダイオードが得られる。

【0013】本発明の請求項7に記載の発光ダイオードは、発光素子の同一面側に形成された正負一対の電極が、基体に形成されたリード電極とそれぞれ、はんだ又は金属バンプを介して接続されている発光ダイオードである。このように構成することで、さらに経時変化の少ない高信頼性の発光ダイオードが得られる。

【0014】本発明の請求項8に記載の発光ダイオードは、発光素子が少なくとも発光層に窒化物系化合物半導体を有する発光ダイオードである。

【0015】

【発明の実施の形態】本発明者らは種々の実験の結果、発光素子が発光する発光波長の少なくとも一部を吸収し波長変換して発光する蛍光物質を樹脂を使用せずに発光素子周辺に配置できる長波長変換型の発光ダイオードを

見出し本発明を成すに至った。

【0016】従来の長波長変換型の発光ダイオードでは、蛍光物質を含有させた樹脂で発光素子を封止していたが、このような発光ダイオードでは、発光素子からの光や熱により時間経過とともに樹脂が劣化し、発光ダイオードの発光強度が低下するという問題があった。特に、紫外線による樹脂の劣化は著しく、発光素子として紫外線を発するLEDチップを使用できないという問題もあった。しかし、本発明の発光ダイオードによれば、発光素子周辺を樹脂で封止しないため、長時間の使用環境下においても発光強度の低下が極めて少ない、信頼性に優れた発光ダイオードが得られる。また、樹脂による劣化がないために、高電流下での使用が可能になり、高出力の発光ダイオードを実現することが可能となる。さらに、樹脂による劣化がないため、発光素子に紫外線を発するLEDチップを使用することもできるため、紫外線により励起されて可視光を発する種々の蛍光物質と組み合わせ、あらゆる色調の発光ダイオードを得ることができる。以下、本発明に係る実施の形態の発光ダイオードについて説明する。

【0017】（実施の形態1）図1は、本発明に係る実施の形態1のSMD型発光ダイオードの構成を示す模式断面図であり、基体101の凹部底面に露出された一対のリード電極102上に、LEDチップ103が配置されている。LEDチップ103は青窒化ガリウム系化合物半導体を発光層とする発光素子であり、同一面側に形成された正負一対の各電極上には、それぞれ金バンプ104がそれぞれ形成され、これらのバンプ104と基体101の凹部底面に露出されたリード電極102とをそれぞれ接続するように超音波フリップチップ実装されている。また、基体101にはLEDチップを気密封止するためにガラス部材からなる蓋体106がエポキシ樹脂等の接着剤105を介して接着されている。蓋体106は透光性のガラス部材からなり、その透光性のガラス部材中には、前記LEDチップ103が発光する発光波長の少なくとも一部を吸収し波長変換して発光する蛍光物質が分散されている。

【0018】（実施の形態2）図2は、本発明に係る実施の形態2のSMD型発光ダイオードの構成を示す模式断面図であり、基体201の凹部底面に露出された一対のリード電202極上に、LEDチップ203が配置されている。LEDチップ203は窒化ガリウム系化合物半導体を発光層とする発光素子であり、同一面側に形成された正負一対の各電極上には、金バンプ204がそれぞれ形成され、これらのバンプ204と基体の凹部底面に露出されたリード電極202とをそれぞれ接続するように超音波フリップチップ実装されている。また、基体201にはLEDチップ203を気密封止するために蓋体206がエポキシ樹脂等の接着剤205を介して接着されている。この蓋体206は透光性のガラス部材から

なり、そのガラス部材の一方の面側、つまり基体201へ接着時に内面となる側には、前記LEDチップ203が発光する発光波長の少なくとも一部を吸収し波長変換して発光する蛍光物質を含有する蛍光物質含有層207が形成されている。

【0019】（実施の形態3）図3は、本発明に係る実施の形態4のSMD型発光ダイオードの構成を示す模式図である。（a）は使用する基体を示す斜視図であり、基体は絶縁部材303により接着されると共に電氣的に分離された第1の金属部301と第2の金属部302とからなる。第1の金属部301および第2の金属部302の材料としては、熱伝導率の良いCu等が好ましく使用でき、また、反射率を良くするために表面をAgでメッキしてもよい。絶縁部材303としては、エポキシ樹脂等が使用できる。（b）は（a）の基体を用いて作製したSMD型発光ダイオードを示す（a）のXX'方向の模式断面図である。LEDチップ304は窒化ガリウム系化合物半導体を発光層とする発光素子であり、凹部を有する第1の金属部301の凹部底面にはんだなどのダイボンダ材305を介してダイボンディングされている。LEDチップ304の同一面側に形成された正電極と負電極うちの一方の電極と第1の金属部301、LEDチップ304の他方の電極と第2の電極部302とを金線等の導電性ワイヤー306でワイヤーボンディングして電氣的導通を取る。ここで、第1の金属部301及び第2の金属部302のワイヤーボンディング部として、第1の金属部の凹部から続く溝が形成されており、また、この溝にはワイヤーボンディング後にエポキシ樹脂等の絶縁部材307を充填し硬化させている。絶縁部材307を硬化させた後、第1の金属部301の凹部内に蛍光物質の粉末308を充填した後、粉末308が凹部内を移動しないようにガラス部材からなる蓋体310を接着剤309を介して基体に固着して、粉体表面を蓋体310で抑える。またこの時、図のように蓋体310を第1の金属部301の凹部と嵌合するような形状とすることで、蛍光物質の粉末308の充填量を最適に調節することができる。

【0020】（実施の形態4）図4は、本発明に係る実施の形態4のキャンタイプの発光ダイオードの構成を示す模式断面図である。金属ステム401の凹部底面には二つの貫通孔が設けられており、その貫通孔には、絶縁部材403を介してリード電極402がそれぞれ固定されている。金属ステム401やリード電極402の材料としては、Cu合金、Al合金、Fe合金が好ましく使用できる。絶縁部材403としては、ガラス、ガラスエポキシ樹脂、セラミックス等を用いる。LEDチップ404は窒化ガリウム系化合物半導体を発光層とする発光素子であり、金属ステム401の凹部底面上にはんだや低融点金属等のダイボンダ材405を介してダイボンディングされている。LEDチップ404の同一面側に形

成された正負一対の各電極とリード電極402とをそれぞれ金線等の導電性ワイヤー406でワイヤーボンディングし電氣的導通を取る。その後、金属ステム401の凹部内に蛍光物質の粉末408を充填した後、粉末407が凹部内を移動しないように金属ステム401にガラス部材からなるレンズ状の蓋体409を接着剤408を介して固着する。

【0021】以下に本実施の形態1～4の発光ダイオードの各構成要素について説明する。

（蛍光物質）本発明の発光ダイオードに用いられる蛍光物質としては、発光素子からの光を受けて励起され、それよりも長波長の可視光を発光可能な種々の蛍光物質を利用することができる。

【0022】例えば、発光素子として紫外光が発光可能な発光素子を使用した場合、蛍光物質としては紫外線により励起されて可視光を発する蛍光体が使用できる。具体的には、ケイ酸塩系蛍光体、リン酸塩系蛍光体、アルミン酸系蛍光体、希土類系蛍光体、酸希土類系蛍光体、硫化亜鉛系蛍光体などが挙げられ、緑色系発光蛍光体では、 $Y_2SiO_5:Ce, Tb, MgAl_{11}O_{19}:Ce, Tb, BaMg_2Al_{16}O_{27}:Mn, (Zn, Cd)S:Ag, ZnS:Ag, Cu, Al, ZnS:Cu, Al, SrAl_2O_4:Eu$ 、青色系発光蛍光体では $(SrCaBa)_5(PO_4)_3Cl:Eu, (BaCa)_5(PO_4)_3Cl:Eu, BaMg_2Al_{16}O_{27}:Eu, Sr_5(PO_4)_3Cl:Eu, Sr_2P_2O_7:Eu, ZnS:Ag, Al, ZnS:Ag, Al(pigmented), ZnS:AgCl, ZnS:AgCl(pigmented)$ 、赤色系発光蛍光体では $Y_2O_2S:Eu, Y_2O_2S:Eu(pigmented), Y_2O_3:Eu, 3.5MgO \cdot 0.5MgF_2 \cdot GeO_2:Mn, Y(PV)O_4:Eu, 5MgO \cdot 3Li_2O \cdot Sb_2O_5:Mn, Mg_2TiO_4:Mn$ 等が挙げられる。比較的発光効率が高いものとしては、緑色系発光蛍光体では $SrAl_2O_4:Eu$ 、青色系発光蛍光体では $Sr_5(PO_4)_3Cl:Eu$ 、赤色系発光蛍光体では $Y_2O_2S:Eu$ が挙げられる。また、上述したような緑色系発光蛍光体、青色系発光蛍光体及び赤色系発光蛍光体の3種の発光色の蛍光体を組み合わせて使用することで、白色が発光可能な発光ダイオードを得ることができる。

【0023】また、発光素子として青色系が発光可能な発光素子を使用した場合、補色により白色系が発光可能な蛍光物質としてセリウムで付活されたイットリウム・アルミニウム・ガーネット系蛍光体が好適に用いられる。本明細書において、セリウムで付活されたイットリウム・アルミニウム・ガーネット系蛍光体は特に広義に解釈するものとし、イットリウムの一部あるいは全体を、Lu、Sc、La、Gd及びSmからなる群から選ばれた少なくとも1つの元素に置換し、あるいは、アル

ミニウムの一部あるいは全体を、GaとInの何れか又は両方で置換する蛍光作用を発する蛍光体を含む広い意味に使用する。

【0024】更に詳しくは、一般式 $(Y_z Gd_{1-z})_3 Al_5 O_{12} : Ce$ (但し、 $0 < z \leq 1$) で示されるフォトルミネッセンス蛍光体や一般式 $(Re_{1-a} Sm_a)_3 Re' O_{12} : Ce$ (但し、 $0 \leq a < 1$ 、 $0 \leq b \leq 1$ 、Reは、Y、Gd、La、Scから選択される少なくとも一種、Re'は、Al、Ga、Inから選択される少なくとも一種である。) で示される蛍光体である。

【0025】この蛍光体は、ガーネット構造のため、熱、光及び水分に強く、励起スペクトルのピークを450nm付近にさせることができる。また、発光ピークも、580nm付近にあり700nmまですそを引くブロードな発光スペクトルを持つ。

【0026】また、結晶中にGd(ガドリニウム)を含むことにより、460nm以上の長波長域の励起発光効率を高くすることができる。Gdの含有量の増加により、発光ピーク波長が長波長に移動し全体の発光波長も長波長側にシフトする。すなわち、赤みの強い発光色が必要な場合、Gdの置換量を多くすることで達成できる。一方、Gdが増加すると共に、青色光によるフォトルミネッセンスの発光輝度は低下する傾向にある。

【0027】しかも、ガーネット構造を持ったイットリウム・アルミニウム・ガーネット系蛍光体の組成のうち、Alの一部をGaで置換することで発光波長が短波長側にシフトする。また、組成のYの一部をGdで置換することで、発光波長が長波長側にシフトする。このように組成を変化することで発光色を連続的に調節することも可能である。

【0028】このような蛍光体は、次のようにして得られる。まず、Y、Gd、Ce、Al及びGaの原料として酸化物、又は高温で容易に酸化物になる化合物を使用し、それらを化学量論比で十分に混合して原料を得る。又は、Y、Gd、Ceの希土類元素を化学量論比で酸に溶解した溶解液を蔭酸で共沈したものを焼成して得られる共沈酸化物と、酸化アルミニウム、酸化ガリウムとを混合して混合原料を得る。これにフラックスとしてフッ化アンモニウム等のフッ化物を適量混合して坩堝に詰め、空气中1350~1450℃の温度範囲で2~5時間焼成して焼成品を得、つぎに焼成品を水中でボールミルして、洗浄、分離、乾燥、最後に篩を通すことで得ることができる。

【0029】他にも青色、青緑色や緑色を吸収して赤色が発光可能な蛍光物質である、ユウロピウム及び／又はセリウムで付活されたサファイア(酸化アルミニウム)蛍光体やユウロピウム及び／又はセリウムで付活された窒素含有 $CaO-Al_2O_3-SiO_2$ 蛍光体(オキシナイトライド蛍光硝子)などが挙げられる。これらの蛍

光体を利用して、発光素子からの光と蛍光体からの光の混色により白色光を得ることもできる。

【0030】ユウロピウム及び／又はセリウムで付活された窒素含有 $CaO-Al_2O_3-SiO_2$ 蛍光体は、酸化アルミニウム、酸化イットリウム、酸化珪素及び酸化カルシウムなどの原料に希土類原料を所定に混合した粉末を窒素雰囲気下において1300℃から1900℃(より好ましくは1500℃から1750℃)において溶融し成形させる。成型品をボールミルして洗浄、分離、乾燥、最後に篩を通して蛍光体を形成させることができる。これにより450nmにピークをもった励起スペクトルと約650nmにピークがある青色光により赤色発光が発光可能なEu及び／又はCrで付活されたCa-Al-Si-O-N系オキシナイトライド蛍光硝子とすることができる。

【0031】なお、ユウロピウム及び／又はセリウムで付活されたCa-Al-Si-O-N系オキシナイトライド蛍光硝子の窒素含有量を増減することによって発光スペクトルのピークを575nmから690nmに連続的にシフトすることができる。同様に、励起スペクトルも連続的にシフトさせることができる。そのため、Mg、Znなどの不純物がドーブされたGaNやInGaNを発光層に含む窒化ガリウム系化合物半導体からの光と、約580nmの蛍光体の光の合成光により白色系を発光させることができる。特に、約490nmの光が高輝度に発光可能なInGaNを発光層に含む窒化ガリウム系化合物半導体からなる発光素子との組合せに理想的に発光を得ることもできる。

【0032】また、上述のCeで付活されたYAG系蛍光体とユウロピウム及び／又はセリウムで付活された窒素含有Ca-Al-Si-O-N系オキシナイトライド蛍光硝子とを組み合わせることにより青色系が発光可能な発光素子を利用してRGB(赤色、緑色、青色)成分を高輝度に含む極めて演色性の高い発光ダイオードを形成させることもできる。

【0033】(発光素子) 発光素子は、種々の蛍光体物質を効率よく励起できる比較的バンドエネルギーが高い半導体発光素子が好適に挙げられる。このような発光素子としては、MOCVD法等により形成された窒化物系化合物半導体が用いられる。窒化物系化合物半導体発光素子は、 $In_x Al_y Ga_{1-x-y} N$ (ただし、 $0 \leq x$ 、 $0 \leq y$ 、 $x+y \leq 1$) を発光層とし、半導体層の材料やその混晶度によって発振波長を種々選択することができる。半導体の素子構造としては、MIS接合、PIN接合やpn接合などを有するホモ構造、ヘテロ構造あるいはダブルヘテロ構成のものが挙げられる。半導体活性層を量子効果が生ずる薄膜に形成させた単一量子井戸構造や多重量子井戸構造とすることもできる。特に、本願発明においては、LEDチップの活性層をInGaNからなる多重量子井戸構造とすることにより、フォトル

ミネセンス蛍光体の劣化がなく、より高輝度に発光する発光ダイオードとして利用することができる。

【0034】窒化ガリウム系化合物半導体を使用した場合、半導体基板にはサファイヤ、スピネル、SiC、Si、ZnO等の材料が用いられる。結晶性の良い窒化ガリウムを形成させるためにはサファイヤ基板を用いることが好ましい。このサファイヤ基板上にGaN、AlN等のバッファ層を形成し、その上にpn接合を有する窒化ガリウム系化合物半導体を形成させる。窒化ガリウム系化合物半導体は、不純物をドーブしない状態でn型導電性を示す。発光効率を向上させるなど所望のn型窒化ガリウム系化合物半導体を形成させる場合は、n型ドーパントとしてSi、Ge、Se、Te、C等を適宜導入することが好ましい。一方、p型窒化ガリウム系化合物半導体を形成させる場合は、p型ドーパントであるZn、Mg、Be、Ca、Sr、Ba等をドーブさせる。窒化ガリウム系化合物半導体は、p型ドーパントをドーブしただけではp型化しにくいのでp型ドーパント導入後に、炉による加熱、低速電子線照射やプラズマ照射等により低抵抗化させることが好ましい。エッチングなどによりp型半導体及びn型半導体の露出面を形成させた後、半導体層上にスパッタリング法や真空蒸着法などを用いて所望の形状の各電極を形成させてからウエハを分割し、LEDチップを得ることができる。

【0035】本願発明の発光ダイオードにおいて、セリウムで付活されたイットリウム・アルミニウム・ガーネット蛍光体を発光させる場合は、蛍光体との補色関係を考慮して発光素子の主発光ピーク波長は400nm以上530nm以下の範囲にあることが好ましく、420nm以上490nm以下がより好ましい。LEDチップと蛍光体との効率をそれぞれより向上させるためには、450nm以上475nm以下の範囲にあることがさらに好ましい。また本発明の発光ダイオードにおいて、蛍光物質として紫外線により励起されて可視光を発する蛍光体を使用する場合は、発光素子の主発光ピークは360nm以上390nm以下の範囲にあることが好ましい。このように蛍光物質との組み合わせを考慮して、最適な発光波長の発光素子を選択する。なお、本願発明のLEDチップにくわえて、蛍光物質を励起しないLEDチップと一緒に用いることもできる。また、発光素子として半導体レーザーを利用することもできる。

【0036】(パッケージ) 本発明で使用されるパッケージは、発光素子を載置するための基体と、発光素子を封止するための蓋体とから構成され、その蓋体が透光性ガラス部材を備えたものが使用される。蓋体は、透光性ガラス部材で形成されていてもよいし、発光素子と対向する部分に透光性のガラス部材を備えて構成されていてもよい。また、実施の形態1、2のような表面実装型の樹脂パッケージや、実施の形態3のような表面実装型の金属パッケージ、実施の形態4のようなキャンタイプの

パッケージ等、種々のパッケージを使用することができる。

【0037】長波長変換型の発光ダイオードを実現するためには、発光素子が発光する発光波長の少なくとも一部を吸収し波長変換して発光する蛍光物質を発光素子周辺に配置させるが、本発明ではその第1の手段として、実施の形態1~3のように蛍光物質を蓋体に備えられた透光性のガラス部材中に含有させるか、透光性のガラス部材の内面及び／又は外面に蛍光物質含有層を形成させることで、発光素子からの発光と蛍光物質からの発光との混色光を発光する長波長変換型の発光ダイオードを形成させる。ここで、ガラス部材の内面及び／又は外面に蛍光物質含有層を形成するには、蛍光物質をバインダー中に分散させて塗布した後、加熱してバインダーを飛ばすことで形成することができる。この時、透光性のガラス部材を基体の凹部と嵌合するような形状とすることで、発光素子と蛍光物質が含有されたガラス部材との距離を短くなり、発光素子から放出された光を蛍光物質がより効率よく変換することが可能となる。

【0038】蛍光物質を発光素子周辺に配置させる本発明の第2の手段としては、実施の形態4、5のように、基体に形成された凹部の底面に発光素子を載置させ、その凹部と蓋体とに囲まれた中空部に蛍光物質を粉末の状態で充填することで、発光素子からの発光と蛍光物質からの発光との混色光を発光する長波長変換型の発光ダイオードを形成させる。この時、パッケージのキャビティ高さを調整したり、ガラス部材をパッケージの凹部内に嵌合するような形状にしたり、或いは、粉末中に更に無機部材のフィラーを含有させることで、蛍光物質の充填量を最適に調整することができる。また、拡散材としての効果を持たせることもできる。無機部材のフィラーとしては、透光性であれば良く、具体的にはSiO₂、TiO₂等が使用できる。

【0039】蛍光物質を樹脂中に含有させる従来の方法では、蛍光物質を含有させた樹脂を熔融状態でキャビティに充填し固化させるが、この時、比重差により樹脂が固化するまでの間に樹脂と蛍光物質の分離が生じるため、樹脂中に蛍光物質を均一に分散させるのは困難であった。ところが、本発明の発光ダイオードでは、粉末の状態でキャビティ内に充填するため、たとえフィラーを含有していても比重差により分離が生じることもなく、また気泡が生じることもないので、色ムラなく均一に発光させることが可能となる。また、本発明の発光ダイオードでは、蛍光物質を粉末の状態でキャビティ内に充填するため、孔版印刷によりキャビティ内を樹脂封止する時のようにマスクを形成する必要がなく、樹脂を固化させる時間も不要になるため非常に生産性に優れている。さらに、キャビティ内を樹脂やガラス等で封止した従来の発光ダイオードでは、実装時のリフロー熱により、LEDチップ・基板・リード電極と封止部材との熱膨張係

数差による剥離に伴いワイヤーオープン等の不良が発生する場合がある。特に、金属材料のパッケージでは、放熱性に優れているという利点はあるものの、封止部材との熱膨張係数差が大きくパッケージと封止部材との間に剥離が生じやすく、それに伴い配光特性が変化する恐れがある。ところが、本発明の発光ダイオードでは、キャビティ内に蛍光物質が粉末の状態で充填されているので熱膨張係数差による剥離が発生せず、非常に信頼性に優れている。

【0040】（ガラス部材）パッケージに備えられる透光性のガラス部材の形状を所望の形状にすることにより、発光素子からの発光を集束させたり拡散させたりするレンズ効果を持たせることもできる。例えば、発光面側を凸レンズ形状、或いは凹レンズ形状等にしてもよい。さらに、上記で述べたように、発光素子との距離や蛍光物質の充填量を調整するために、発光素子側をパッケージの凹部内に嵌合するような形状にしてもよい。

【0041】（リード電極）パッケージは、LEDチップの各電極と電気的に接続するためのリード電極を有しており、発光ダイオードの形態によって種々の形状を取ることができる。例えば、実施の形態1、2のような樹脂パッケージの場合は、一对の金属板をリード電極として構成することができる。また、実施の形態3のようにパッケージとリード電極としての機能を併せて持たせることもできる。実施の形態4のように、金属ステムに絶縁部材を介してリード電極を設けることもできる。これらリード電極は、導電性ワイヤーであるボンディングワイヤー等との接続性及び電気伝導性が良いことが求められる。具体的材料としては、鉄、銅、銅の合金等や、これらに銀、アルミニウム、金等の金属メッキが施されたものが挙げられる。

【0042】（実装手段）発光素子とリード電極とを電気的に接続させるには、発光素子の電極とパッケージのリード電極とをフリップチップで実装させてもよいし、発光素子の電極とリード電極とをワイヤーボンディングにより接続させてもよい。しかし、本実施の形態1、2のように、蓋体のガラス部材に蛍光物質が備えられている場合は、発光素子をフリップチップ実装することが好ましい。フリップチップ実装することで、ワイヤーを張るためのスペースが不要となり、発光素子とガラス部材との距離を短くすることができるので、発光素子から放出された光を蛍光物質がより効率よく変換することが可能となる。

【0043】フリップチップで実装させる場合、接合材料としては、金属バンプやはんだを使用し、好ましくは金バンプを用いる。金バンプは、発光素子の電極に形成してもよいし、基体のリード電極に形成してもよい。金バンプを使用してフリップチップ実装する場合、金バンプを超音波にて金属間接合させる超音波フリップチップ接合方式を使用することが好ましい。これは、種々のフ

リップチップ実装方式の中で、シンプルかつ最も生産性の高い実装方式であり、これによれば、接合部にも樹脂を必要としないため、さらに信頼性が向上し、また高電流にも対応できる。

【0044】また、ワイヤーボンディングで接続させる場合、発光素子をパッケージの基体にダイボンディングするためのダイボンダ材としては、発光素子からの光や熱による劣化を考慮して、樹脂を使用せず、はんだや低融点金属等のろう材を用いる。具体的には、In、Au-Sn、Sn-Pb、Sn-Ag、Sn-Ag-Cu、Sn-Cu-Ni、Sn-Sb、Sn-Pb-Ag、Sn-Bi、Sn-Bi-Pb、Sn-Pb-Ag-Sb等が挙げられ、好ましくは化学的に安定なAu-Sn共晶を使用する。これらのろう材は、予め発光素子又は基体のボンディング位置に蒸着、スパッタまたはメッキ等の方法で薄膜として形成させても良いし、金やはんだ等でバンプとして形成させても良い。このようにして薄膜やバンプを形成させた後、熱圧着により基体上に発光素子をダイボンディングさせる。また、単に箔材を発光素子と基体との間に介在させて熱圧着を行い、発光素子と基体とを同時に箔材に接着させることでもダイボンディング可能である。

【0045】

【実施例】 [実施例1] 本発明の発光ダイオードとして、図5の如き長波長変換型のSMD型発光ダイオードを形成する。基体として、打ち抜き加工によりリード電極502を形成し、ガラスエポキシ樹脂を射出成型器ホッパに入れて加熱溶融させながら、リード電極502を配置させた金型内に注入し、射出成形を利用して基体501を形成する。

【0046】発光素子として、InGaInからなる発光層を有し主発光ピークが470nmのLEDチップ503を用いる。LEDチップは、MOCVD法を利用して形成する。具体的には、反応室内に洗浄したサファイア基板を配置させる。反応ガスとして、TMG（トリメチル）ガス、TMI（トリメチルインジウム）ガス、TMA（トリメチルアルミニウム）ガス、アンモニアガス及びキャリアガスとして水素ガス、さらには不純物ガスとしてシランガス及びシクロペンタジエナマグネシウムを利用して成膜させる。

【0047】発光素子の層構成として、サファイア基板上に低温バッファ層であるAlGaIn、結晶性を向上させるノンドープGaIn（厚さ約15000Å）、電極が形成されn型コンタクト層として働くSiドープのGaIn（厚さ約21650Å）、結晶性を向上させるノンドープのGaIn（厚さ約3000Å）、n型クラッド層としてノンドープのGaIn（厚さ約50Å）、SiをドープしたGaIn（厚さ約300Å）の超格子からなる多層膜、その上に形成される発光層の結晶性を向上させる、ノンドープのGaIn（厚さ約40Å）と、ノンドープの

InGa_{0.5}N (厚さ約20Å)の超格子からなる多層膜、多重量子井戸構造からなる発光層として、ノンドープのGa_{0.5}N (厚さ約250Å)と、InGa_{0.5}N (厚さ約30Å)の多層膜、p型コンタクト層として働くMgがドーピングされたInGa_{0.5}N (厚さ約25Å)とMgがドーピングされたGaAlN (厚さ約40Å)の超格子からなる多層膜及びp型コンタクト層であるMgがドーピングされたGa_{0.5}N (厚さ約1200Å)を成膜させる。

【0048】 10 こうして成膜した半導体ウエハのp型窒化ガリウム系半導体層及び発光層を部分的にエッチングして、n型コンタクト層を露出させ、露出されたn型コンタクト層の上面にn側の負電極を形成する。更に、p型コンタクト層の上面のほぼ全面にp側の第1の正電極を形成し、その第1の電極上の負電極から離れた位置に第2の正電極を形成する。電極形成後、負電極上及び第2の正電極上の開口部を除き、各電極及び各半導体層を覆うように絶縁膜を形成し、負電極及び第2の正電極の開口部に金バンプを形成した後に、個々の発光素子に分割して青色が発光可能なLEDチップ503を形成させる。

【0049】 20 以上のようにして形成されたLEDチップ503を、LEDチップ503の各電極上にそれぞれ形成されたバンプ504と基体501の凹部底面に露出されたリード電極502とがそれぞれ接続するようにフリップチップ実装する。その後、基体501の凹部内にYAG:Ce蛍光体の粉末505を充填した後、基体501の凹部周縁部に接着剤506としてエポキシ樹脂を塗布した後、厚さ0.1mmの板状のガラス部材からなる蓋体507を張り合わせて接着剤506を硬化させる。このようにして、高輝度及び高出力でもって白色が発光可能な発光ダイオードが得られる。

【0050】 30 【実施例2】 実施例1と同様にして、図1に示すように窒化物半導体からなるLEDチップ103を、LEDチップ103の各電極上にそれぞれ形成されたバンプ104と基体101の凹部底面に露出されたリード電極102とがそれぞれ接続するようにフリップチップ実装する。次に、熔融状態のガラス部材にYAG:Ce蛍光体の粉末を添加、混合して均一に分散させた後、固化させ、蛍光物質が含有された厚さ0.1mmの板状のガラス部材を形成し、これを蓋体106とする。基体101の凹部周縁部に接着剤105としてエポキシ樹脂を塗布した後、形成された蓋体106を張り合わせて接着剤105を硬化させる。このようにして、高輝度及び高出力でもって白色が発光可能な発光ダイオードが得られる。

【0051】 50 【比較例1】 実施例1と同様にして、窒化物半導体からなるLEDチップ603を、LEDチップ603の各電極上にそれぞれ形成されたバンプ604と基体601の凹部底面に露出されたリード電極602とがそれぞれ接続するようにフリップチップ実装する。次

に、エポキシ樹脂とYAG:Ce蛍光体をよく混合してスラリーとする。このスラリーを基体601の凹部内に充填し硬化させて、蛍光物質605が含有された封止樹脂606を基体601の凹部内に形成させる。このようにして、白色発光可能な発光ダイオードを形成する。

【0052】 〔評価〕 実施例1及び比較例1で形成された発光ダイオードについて、信頼性試験により比較を行った。図7は、(a)が実施例1、(b)が比較例1の信頼性試験の結果を示すグラフ図で、温度25℃で10mA、20mA、40mA通電の経過時間に対する輝度保持率を表している。輝度はそれぞれの初期値を基準にして相対値を示す。この結果から、実施例1の発光ダイオードは、比較例1の発光ダイオードに比べて輝度保持率が高く、信頼性に優れているといえる。特に、40mA通電における輝度保持率は、比較例1の発光ダイオードでは1000時間後に40%以下になっていたのが、実施例1の発光ダイオードでは約70%であり、高電流下での信頼性に優れていることがわかる。

【0053】

20 【発明の効果】 以上のように、本願発明の発光ダイオードによれば、蛍光物質を樹脂を使用せずに発光素子周辺に配置するため、長時間の使用環境下においても樹脂劣化による発光強度の低下のない、信頼性に優れた発光ダイオードを得ることができる。また、樹脂による劣化がないので、高電流下での使用が可能となり高出力の発光ダイオードを得ることができる。更に、紫外光を発する発光素子と紫外光により励起されて可視光を発する蛍光物質とを組み合わせた信頼性の高い発光ダイオードも得ることができる。

30 【0054】 また、本発明の発光ダイオードでは、キャビティ内に蛍光物質が粉末の状態で充填されているので、従来の発光ダイオードのようにLEDチップ・パッケージ・リード電極と封止部材との間に熱膨張係数差による剥離が発生せず、非常に信頼性に優れている。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明の一実施の形態のSMD型発光ダイオードを示す模式的断面図である。

【図2】 本発明の一実施の形態のSMD型発光ダイオードを示す模式的断面図である。

40 【図3】 本発明の一実施の形態のSMD型発光ダイオードを示す模式的断面図である。

【図4】 本発明の一実施の形態のキャンタイプの発光ダイオードを示す模式的断面図である。

【図5】 本発明の実施例1のSMD型発光ダイオードを示す模式的断面図である。

【図6】 本発明と比較のために示したSMD型発光ダイオードの模式的断面図である。

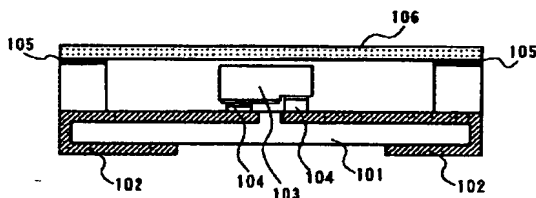
【図7】 実施例1と比較例1の発光ダイオードの信頼性試験の結果を表すグラフ図である。

【符号の説明】

15

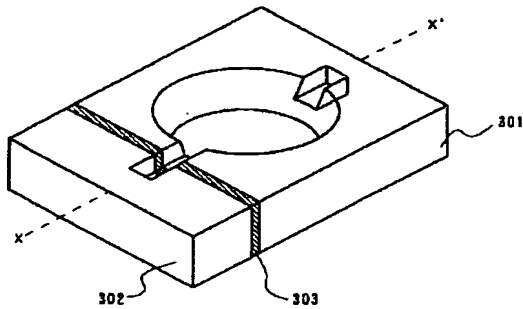
101、201、501、601・・・基体
 102、202、402、502、602・・・リード
 電極
 103、203、304、404、503、603・・・LEDチップ
 104、204、504、604・・・バンプ
 105、205、309、408、506・・・接着剤
 106、206、310、409、507・・・蓋体
 207・・・蛍光物質含有層
 301・・・第1の金属部

【図1】

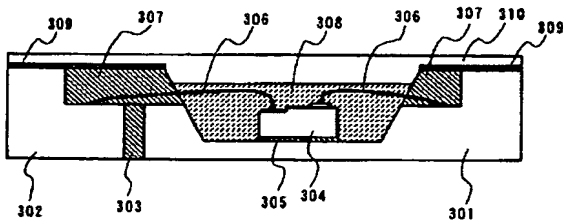


【図3】

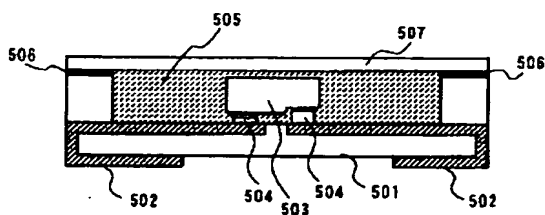
(a)



(b)



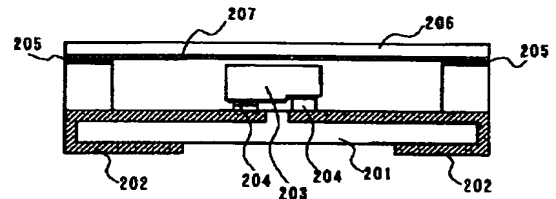
【図5】



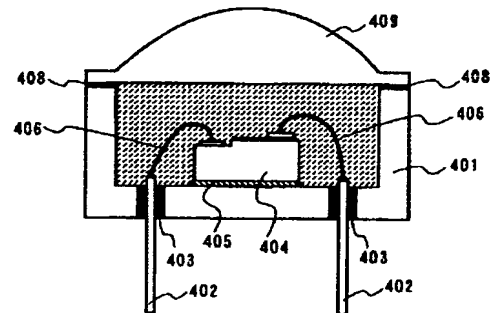
16

302・・・第2の金属部
 303、403・・・絶縁部材
 305、405・・・ダイボンド材
 306、406・・・導電性ワイヤー
 307・・・絶縁部材
 308、407、505・・・蛍光物質の粉末
 401・・・金属ステム
 605・・・蛍光物質
 606・・・封止樹脂

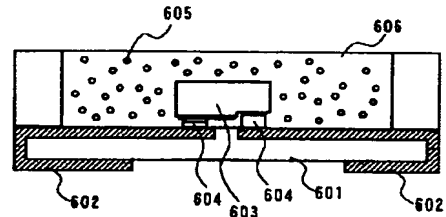
【図2】



【図4】



【図6】



【図7】

